

MULTILAYER MAGNETORESISTIVE EFFECT FILM AND MAGNETIC HEAD FORMED BY USING THE SAME AS WELL AS MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

Patent Number: JP9245320
Publication date: 1997-09-19
Inventor(s): NAKATANI RYOICHI
Applicant(s): HITACHI LTD
Requested Patent: JP9245320
Application Number: JP19960049809 19960307
Priority Number(s):
IPC Classification: G11B5/39 ; H01L43/08
EC Classification:
Equivalents:

Best Available Copy

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To make the exchange bias magnetic field impressed on magnetic layers higher by adjusting the thickness of the antiferromagnetic layers of a magnetoresistive effect element formed by using the multilayer magnetic films having the antiferromagnetic layers consisting of various materials and having various layer thickness.

SOLUTION: A crystalline control layer 22 consisting of Hf and a crystalline control layer 23 consisting of Cu are laminated on a substrate 21 consisting of an Si single crystal. An Fe-40at.% Mn alloy layer is used as the antiferromagnetic layer 24, Ni-16at.%Fe-18at.% Co for the magnetic layer 25 and Hf for the protective layer 26. The change in the exchange bias magnetic field impressed on the magnetic layer 25 from the layer 24 by the thickness of the antiferromagnetic layer 24 is such that the exchange bias magnetic field is made higher together with the thickness of the layer 24 up to 10nm of the layer 24 thickness. The exchange bias magnetic field is nearly constant up to 10 to 25nm of the layer 24 thickness. Further, the exchange bias magnetic field falls when the thickness of the layer 24 increases. Then, the thickness of the antiferromagnetic layer 24 is specified to 10 to 25nm, by which the exchange bias magnetic field to be impressed on the magnetic layer 25 is made higher.

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-245320

(43)公開日 平成9年(1997)9月19日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 5/39			G 1 1 B 5/39	
H 0 1 L 43/08			H 0 1 L 43/08	Z

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平8-49809

(22)出願日 平成8年(1996)3月7日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 中谷 亮一

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

(54)【発明の名称】 多層磁気抵抗効果膜及びこれを用いた磁気ヘッド、並びに磁気記録再生装置

(57)【要約】

【課題】磁気抵抗効果型ヘッド用の高磁気抵抗効果多層膜における交換バイアス磁界の不足の問題がある。

【解決手段】反強磁性層厚を10～25nmにした。また、上記多層磁気抵抗効果膜を磁気抵抗効果素子、磁気ヘッドおよび磁気記録再生装置に用いる。

【効果】本発明の多層磁気抵抗効果膜は、磁性層に印加される交換バイアス磁界が高いため、ヒステリシスが少なく、優れた特性を示す。また、上記多層磁気抵抗効果膜を使用した磁気ヘッドは、優れた再生特性を示し、上記磁気ヘッドを磁気記録再生装置に用いることにより、高性能磁気記録再生装置が得られる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】結晶性制御層、結晶形制御層、Mnを含む反強磁性層、磁性層、非磁性層、磁性層の順に形成されている多層膜において、上記Mnを含む反強磁性層の厚さが10～25nmであり、上記非磁性層を挟む磁性層の磁化のなす相対角度により多層膜の電気抵抗率が変化することを特徴とする多層磁気抵抗効果膜。

【請求項2】上記Mnを含む反強磁性層がFe-Mn系合金層、Mn-Ir系合金層、Co-Mn系合金層、Co-Mn-Pt系合金層、Cr-Mn系合金層、Cr-Mn系合金に貴金属元素を添加した合金層から選ばれる合金層であることを特徴とする請求項1記載の多層磁気抵抗効果膜。

【請求項3】結晶性制御層、結晶形制御層、Mnを含む反強磁性層、磁性層、非磁性層、磁性層、非磁性層、磁性層、Mnを含む反強磁性層の順に形成されている多層膜において、上記Mnを含む反強磁性層の厚さが10～25nmであり、上記2層の非磁性層を挟む磁性層の磁化のなす相対角度により多層膜の電気抵抗率が変化することを特徴とする多層磁気抵抗効果膜。

【請求項4】上記Mnを含む反強磁性層がFe-Mn系合金層、Mn-Ir系合金層、Co-Mn系合金層、Co-Mn-Pt系合金層、Cr-Mn系合金層、Cr-Mn系合金に貴金属元素を添加した合金層から選ばれる合金層であることを特徴とする請求項3記載の多層磁気抵抗効果膜。

【請求項5】請求項1から4までのいずれかに記載の多層磁気抵抗効果膜を少なくとも一部に用いた磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項6】請求項1から4までのいずれかに記載の多層磁気抵抗効果膜を少なくとも一部に用いた磁気抵抗効果素子と誘導型磁気ヘッドとを組み合わせたことを特徴とする複合型磁気ヘッド。

【請求項7】請求項5または6に記載の磁気ヘッドを有することを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は高い磁気抵抗効果を有する膜および素子に係り、特に多層磁気抵抗効果膜及びこれを用いた磁気ヘッド、並びに磁気記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気記録の高密度化に伴い、再生用磁気ヘッドに用いる磁気抵抗効果材料として、高い磁気抵抗効果を示す材料が求められている。そこで、Dieryらによるフィジカル・レビュー・B (Physical Review B)、第43巻、第1号、1297～1300ページに記載の「軟磁性多層膜における巨大磁気抵抗効果」(Giant Magnetoresistance in Soft Ferromagnetic Multilayers)のように2層の磁性層を非磁性層で分離し、一方の磁性層に反強磁性層

からの交換バイアス磁界を印加する方法が考案された。この反強磁性層材料には、Fe-Mn系合金が用いられている。上記のような多層膜は、通常、基板側から、結晶性制御層、磁性層、非磁性層、磁性層、反強磁性層の順に形成する。しかし、磁気抵抗効果素子の構造によっては、基板側から、結晶性制御層、結晶形制御層、反強磁性層、磁性層、非磁性層、磁性層の順に形成する必要がある可能性がある。この構造の多層膜は、Noguchi等によるJpn. J. Appl. Phys., 第33巻、第10号、5734～5738ページに記載の「3層のNi-Fe-Co層を有するスピンバルブ多層膜の磁気抵抗効果」(Magnetoresistance Effects in Spin-Valve Multilayers Including Three Ni-Fe-Co Layers)で開示されている。

【0003】また、上記のような多層膜の磁気抵抗変化率を高くするために、星屋等により、磁性層を3層に増加した多層膜が考案されており、日本応用磁気学会誌、第18巻、355～357ページに記載されている。星屋等により考案された多層膜では、反強磁性層としてNiOが用いられているが、実用される磁気抵抗効果素子では、Mnを含む金属系の反強磁性層が用いられるものと考えられる。磁性層を3層に増加した多層膜においても、Noguchi等による上述の文献に記載のように、「基板側から、結晶性制御層、結晶形制御層、反強磁性層」という積層構造を含む。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のような「基板側から、結晶性制御層、結晶形制御層、反強磁性層」という積層構造を含む多層膜は、Noguchi等による上述の文献に記載のように、反強磁性層上に形成した磁性層に印加される交換バイアス磁界が低いという問題がある。この問題の原因は、現在のところ明確ではない。しかし、実用上では、交換バイアス磁界以上の外部磁界を多層膜に印加すると、磁気抵抗効果曲線にヒステリシスが生じる。多層膜を磁気抵抗効果素子に用いる場合、上記ヒステリシスが生じると、素子の出力の線形性が損なわれる、出力が低下する、ノイズが生じる、などの問題が生じる。従って、反強磁性層から磁性層に印加される交換バイアス磁界は高い方が好ましい。

【0005】磁気記録の高密度化に伴い、再生用磁気ヘッドに用いる磁気抵抗効果材料として、現在、使用されているパーマロイよりも高い磁気抵抗効果を示す材料が求められている。最近、反強磁性層/磁性層/非磁性層/磁性層/非磁性層/磁性層/反強磁性層という構造を有する高磁気抵抗効果を示す多層膜が報告されている。しかし、反強磁性層上に形成した磁性層に印加される交換相互作用による一方向異方性エネルギーが低いとの問題がある。

【0006】本発明の目的は、上述の磁気抵抗効果型ヘッド用の高磁気抵抗効果多層膜における交換バイアス磁界の不足の問題の解決方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、種々の材料および層厚を有する反強磁性層を有する多層磁性膜を用いた磁気抵抗効果素子について鋭意研究を重ねた結果、反強磁性層の厚さを調節することにより、磁性層に印加される交換バイアス磁界の値を低下させないことを見出し、本発明を完成するに至った。

【0008】すなわち、反強磁性層上に磁性層を積層した場合には、反強磁性層に厚さにより、磁性層に印加される交換バイアス磁界が変化する。反強磁性層厚が10nmまでは、反強磁性層厚とともに、交換バイアス磁界は高くなる。反強磁性層厚が10～25nmでは、交換バイアス磁界は、ほぼ一定である。さらに、反強磁性層が厚くなると、交換バイアス磁界は低下する。従って、反強磁性層厚を10～25nmとすることにより、磁性層に印加される交換バイアス磁界を高くすることができる。

【0009】このようにして得られた多層膜に比較的高い磁界を印加しても、磁気抵抗効果曲線にヒステリシスが生じにくいため、上記多層磁気抵抗効果膜は、磁気抵抗効果素子、磁界センサ、磁気ヘッドなどに好適である。また、上記磁気ヘッドを用いることにより、高性能磁気記録再生装置を得ることができる。

【0010】

【発明の実施の形態】

【実施例1】反強磁性層厚による、磁性層に印加される交換バイアス磁界の変化を調べるために、図2に示すような構造の多層膜を形成した。基板21にはSi(100)単結晶を用いた。また、結晶性制御層22として、厚さ5nmのHfを用いた。結晶形制御層23としては、厚さ5nmのCuを用いた。結晶形制御層は、Mn系合金である反強磁性層24の結晶構造を制御するために用いる。本実施例では、反強磁性層24として、種々の厚さのFe-40at%Mn合金層を用いた。磁性層25には、厚さ5nmのNi-16at%Fe-18at%Co合金を用いた。また、保護層26には、厚さ5nmのHfを用いた。

【0011】多層膜の作製にはイオンビームスパッタリング法を用いた。到達真空度は、 $5/10^5$ Pa、スパッタリング時のAr圧力は0.02Paである。また、膜形成速度は、0.01～0.02nm/sである。

【0012】反強磁性層24の厚さによる、反強磁性層24から磁性層25に印加される交換バイアス磁界の変化を図3に示す。図のように、反強磁性層厚が10nmまでは、反強磁性層厚とともに、交換バイアス磁界は高くなる。反強磁性層厚が10～25nmでは、交換バイアス磁界は、ほぼ一定である。さらに、反強磁性層が厚くなると、交換バイアス磁界は低下する。従って、反強磁性層厚を10～25nmとすることにより、磁性層に印加される交換バイアス磁界を高くすることができる。

【0013】[実施例2] 実施例1と同様の条件で多層膜を形成した。形成した多層膜の断面構造を図1に示す。基板11にはSi(100)単結晶を用いた。また、結晶性制御層12として、厚さ5nmのHfを用いた。結晶形制御層13としては、厚さ5nmのCuを用いた。反強磁性層14には、厚さ10nmのFe-40at%Mn合金を用いた。磁性層15および磁性層19には、それぞれ、厚さ3nmおよび9nmのNi-16at%Fe-18at%Co合金を用いた。磁性層16および磁性層18には、それぞれ、厚さ2nmおよび1nmのCoを用いた。また、非磁性層17には、厚さ2.5nmのCuを用いた。多層膜の磁気抵抗変化率は4.8%であった。また、磁性層に印加される交換バイアス磁界が高いため、磁気抵抗効果素子を使用する範囲の磁界では、磁気抵抗効果曲線に大きなヒステリシスは認められなかった。

【0014】本発明の構造は、3層の磁性層を含む多層膜にも応用できる。すなわち、図4のように、基板31上に厚さ5nmのHfからなる結晶性制御層32を形成し、さらに、厚さ5nmのCuからなる結晶形制御層33、厚さ10nmのFe-40at%Mn合金からなる反強磁性層34を形成した。磁性層35および磁性層43には、厚さ3nmのNi-16at%Fe-18at%Co合金を用いた。磁性層39には、厚さ8nmのNi-16at%Fe-18at%Co合金を用いた。磁性層36および磁性層42には、厚さ2nmのCoを用いた。磁性層38および磁性層40には、厚さ1nmのCoを用いた。また、非磁性層37および非磁性層41には、厚さ2.5nmのCuを用いた。また、反強磁性層44にも、厚さ10nmのFe-40at%Mn合金層を用いた。この多層膜の磁気抵抗変化率は7.0%であった。また、磁性層に印加される交換バイアス磁界が高いため、磁気抵抗効果素子を使用する範囲の磁界では、磁気抵抗効果曲線に大きなヒステリシスは認められなかった。

【0015】本実施例では、結晶形制御層としてCu層を用いたが、本発明の目的からはMn系反強磁性層を面心立方構造とすることができれば、結晶形制御層として用いることができる。

【0016】また、本実施例では、結晶性制御層としてHfを用いたが、Ti, Zr, V, Nb, Taから選ばれる金属、あるいは、上記Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta相互の合金、あるいは、上記金属を主成分とする合金を用いても、結晶形制御層の結晶配向性が(111)となり、結晶形制御層上に形成したMn系反強磁性層を面心立方構造とすることができる。

【0017】また、本実施例では、磁性層として、Ni-Fe-Co系合金層とCo層との積層体を用い、非磁性層と接触している磁性層をCo層とした。これは、多層膜の磁気抵抗変化率を高くするためである。しかし、

特に磁性層の軟磁気特性を重視する場合は、磁性層としてNi-Fe系合金層、あるいは、Ni-Fe-Co系合金層を用いることが好ましい。また、Co層の代わりに、Coを主成分とする合金層を用いることもできる。

【0018】また、本実施例では、Mnを含む反強磁性層として、Fe-Mn系合金層を用いたが、他のMn系合金を用いても良い。他のMn系合金としては、Mn-Ir系合金層、Co-Mn系合金層、Co-Mn-Pt系合金層、Cr-Mn系合金層、Cr-Mn系合金に貴金属元素を添加した合金層などが好ましい。

【0019】また、本実施例では、非磁性層として、Cuを用いたが、電気抵抗率の低い、Au、Agを用いても同様の結果が得られる。しかし、磁性層として3d遷移金属を用いる場合には、磁性層とのフェルミ面のマッチングの観点から、非磁性層はCuであることが好ましい。

【0020】【実施例3】本発明の多層膜を用いた磁気抵抗効果素子を形成した。本実施例では、実施例2で述べた3層の磁性層を有する多層膜を用いた。図5に磁気抵抗効果素子の構造を示す。磁気抵抗効果素子は、多層磁気抵抗効果膜51および電極52をシールド層53、54で挟んだ構造を有する。上記磁気抵抗効果素子に磁界を印加し、電気抵抗率の変化を測定したところ、本発明の多層磁気抵抗効果膜を用いた磁気抵抗効果素子は、1.6kA/m(200e)程度の印加磁界で6.8%の磁気抵抗変化率を示した。また、本発明の磁気抵抗効果素子の再生出力は、Ni-Fe単層膜を用いた磁気抵抗効果素子と比較して3.8倍であった。

【0021】【実施例4】実施例3で述べた磁気抵抗効果素子を用い、磁気ヘッドを作製した。磁気ヘッドの構造を以下に示す。図6は、記録再生分離型ヘッドの一部分を切断した場合の斜視図である。多層磁気抵抗効果膜61をシールド層62、63で挟んだ部分が再生ヘッドとして働き、コイル64を挟む下部磁極65、上部磁極66の部分が記録ヘッドとして働く。また、電極68には、Cr/Cu/Crという多層構造の材料を用いた。

【0022】以下にこのヘッドの作製方法を示す。Al₂O₃・TiCを主成分とする焼結体をスライダ用の基板67とした。シールド層、記録磁極にはスパッタリング法で形成したNi-Fe合金を用いた。各磁性膜の膜厚は、以下のようにした。上下のシールド層62、63は1.0μm、下部磁極65、上部66は3.0μm、各層間のギャップ材としてはスパッタリングで形成したAl₂O₃を用いた。ギャップ層の膜厚は、シールド層と磁気抵抗効果素子間で0.2μm、記録磁極間では0.4μmとした。さらに再生ヘッドと記録ヘッドの間隔は約4μmとし、このギャップもAl₂O₃で形成した。コイル64には膜厚3μmのCuを使用した。以上述べた構造の磁気ヘッドで記録再生を行ったところ、Ni-Fe単層膜を用いた磁気ヘッドと比較して、3.6倍高い

再生出力を得た。これは、本発明の磁気ヘッドに高磁気抵抗効果を示す多層膜を用いたためと考えられる。

【0023】また、本発明の磁気抵抗効果素子は、磁気ヘッド以外の磁界検出器にも用いることができる。

【0024】【実施例5】実施例4で述べた本発明の磁気ヘッドを用い、磁気ディスク装置を作製した。

【0025】装置の構造を図7に示す。磁気記録媒体71には、残留磁束密度0.75TのCo-Ni-Pt-Ta系合金からなる材料を用いた。磁気ヘッド73のトラック幅は2.5μmとした。磁気ヘッド73における磁気抵抗効果素子は、再生出力が高いため、信号処理に負担をかけない高性能磁気ディスク装置が得られた。

【0026】

【発明の効果】上述のように、反強磁性層上に磁性層を積層した場合には、反強磁性層に厚さにより、磁性層に印加される交換バイアス磁界が変化する。反強磁性層厚が10nmまでは、反強磁性層厚とともに、交換バイアス磁界は高くなる。反強磁性層厚が10~25nmでは、交換バイアス磁界は、ほぼ一定である。さらに、反強磁性層が厚くなると、交換バイアス磁界は低下する。従って、反強磁性層厚を10~25nmとすることにより、磁性層に印加される交換バイアス磁界を高くすることができる。このようにして得られた多層膜に比較的高い磁界を印加しても、磁気抵抗効果曲線にヒステリシスが生じにくいため、上記多層磁気抵抗効果膜は、磁気抵抗効果素子、磁界センサ、磁気ヘッドなどに好適である。また、上記磁気ヘッドを用いることにより、高性能磁気記録再生装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の2層の磁性層を有する多層磁気抵抗効果膜の構造を示す断面図。

【図2】反強磁性層と磁性層を積層した多層膜の構造を示す断面図。

【図3】反強磁性層厚による交換バイアス磁界の変化を示す線図。

【図4】本発明の3層の磁性層を有する多層磁気抵抗効果膜の構造を示す断面図。

【図5】本発明の磁気抵抗効果素子の構造を示す斜視図。

【図6】本発明の磁気ヘッドの構造を示す斜視図。

【図7】本発明の磁気ディスク装置の構造を示す概略図。

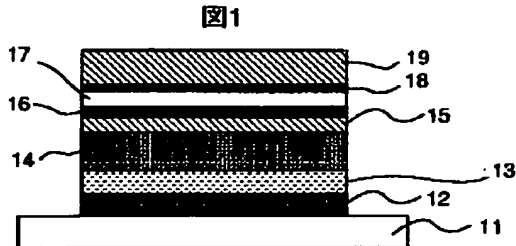
【符号の説明】

11, 21, 31…基板、12, 22, 32…結晶性制御層、13, 23, 33…結晶形制御層、14, 24, 34, 44…反強磁性層、15, 16, 18, 19, 25, 35, 36, 39, 42, 43…磁性層、17, 37, 41…非磁性層、26…保護層、51…多層磁気抵抗効果膜、52…電極、53, 54…シールド層、61…多層磁気抵抗効果膜、62, 63…シールド層、64

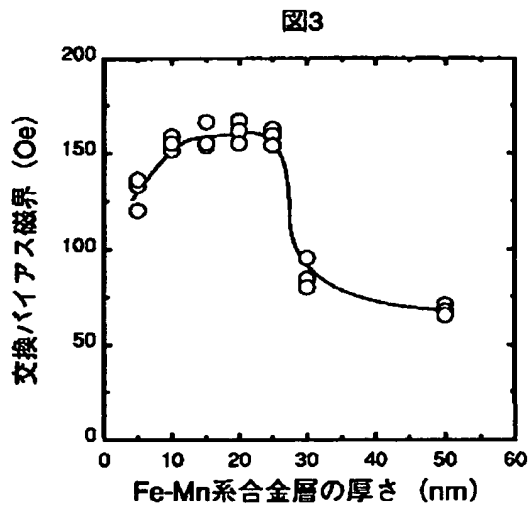
7

…コイル、65…下部磁極、66…上部磁極、67…基板、68…電極、71…磁気記録媒体、72…磁気記録

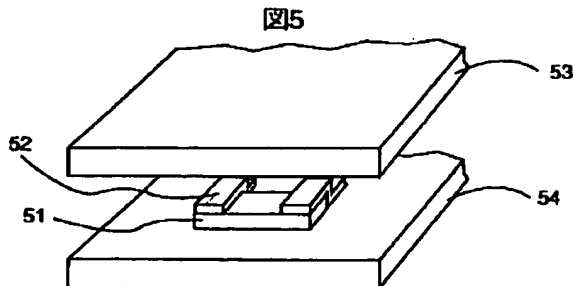
【図1】



【図3】



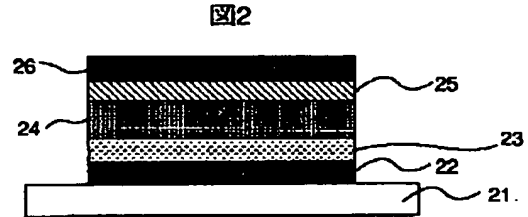
【図5】



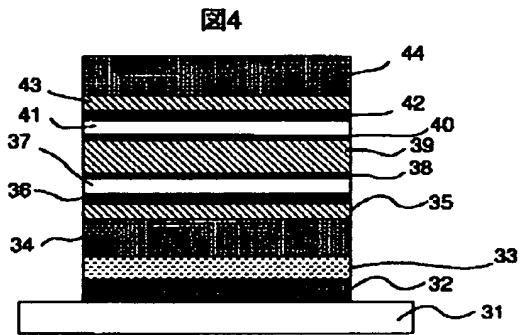
8

媒体駆動部、73…磁気ヘッド、74…磁気ヘッド駆動部、75…記録再生信号処理系。

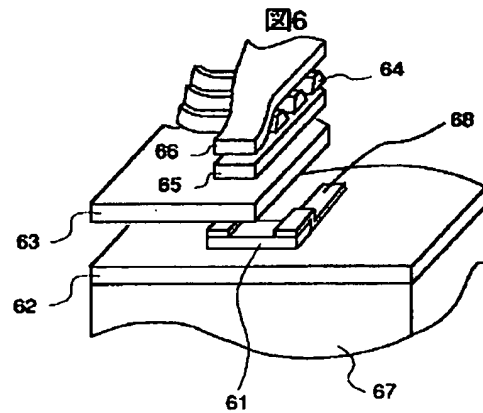
【図2】



【図4】

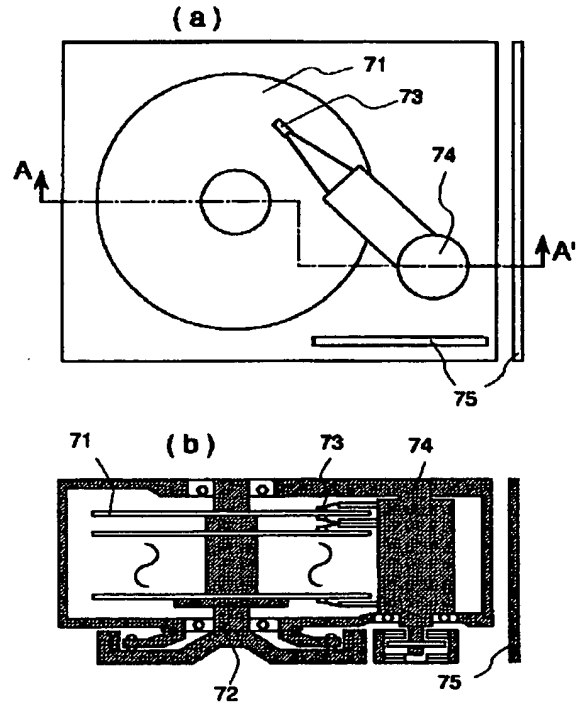


【図6】



【図7】

図7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.